

# APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO MECÁNICO CON GENERACIÓN DE PLANOS TÉCNICOS Y FORMATOS COMERCIALES, PARA CERRAMIENTO DE TRANSFORMADORES TIPO SECO, SEGÚN LAS NORMAS CODENSA CTS 509, CTS 502-4, CTS 518 Y CTS 518-2.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día a nivel global, la industria metalmecánica y energética, anda en busca de las soluciones más eficaces para garantizar la seguridad de las personas y aumentar la confiabilidad de las redes y de las instalaciones eléctricas. Además de eso, los productos involucrados en dichas instalaciones (eléctricas), deben ser capaces de soportar las condiciones a las cuales estarán expuestos. Una de las exigencias más frecuentes en proyectos eléctricos es la creación de subestaciones (módulos para transmitir energía eléctrica a industrias pequeñas y hogares) debido al aumento en la demanda energética en el planeta a causa de la industrialización y desarrollo económico alrededor del globo que muestra una tendencia ascendente (A nivel global, la perspectiva de crecimiento económico para el 2014 es de un 3,2%, según cifras del Banco Mundial)<sup>1</sup>

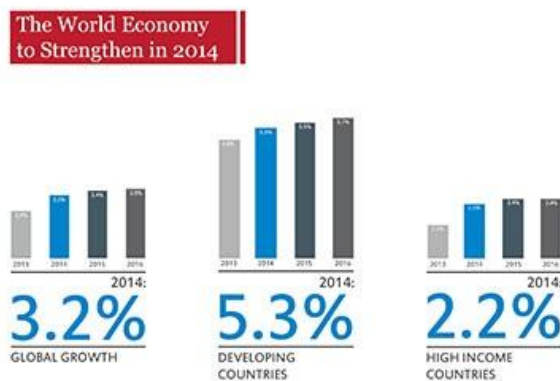


Figura 1.1. Perspectivas económicas Banco Mundial<sup>2</sup>

Actualmente, las subestaciones de tipo abierto (en donde los componentes eléctricos no se encuentran confinados, sino que están expuestos sin ninguna clase de

<sup>1</sup>Grupo del Banco Mundial, Economías en desarrollo necesitan sólidos planes de acción para mantener el crecimiento, Enero 14 de 2014. Artículo en línea, disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/14/developing-economies-need-robust-blueprints-to-sustain-growth>

<sup>2</sup>Ibíd.

cerramiento o protección) para interiores han venido disminuyendo notablemente debido al rápido avance de los materiales, ya que es posible la construcción de gabinetes para aislar cada elemento que conforma el montaje eléctrico, garantizando un mayor grado de protección y seguridad al usuario. Con el mejoramiento continuo de las subestaciones, se ha llegado a incorporarlas en lugares donde antes no se encontraban, permitiendo ampliar sus aplicaciones.

La demanda por subestaciones de uso interior (que son instaladas dentro de una edificación, ocupan poco espacio y se emplean en el interior de industrias o comercios) aumenta constantemente debido a que éstas cuentan con un sistema de distribución que las hace considerablemente económicas, comparadas con otro tipo de subestaciones, y prestan un alto grado de seguridad, lo cual conlleva a beneficios indirectos; como por ejemplo: la reducción en el costo de primas de seguros (al bajar el riesgo que representa una subestación, se reduce el costo del canon de aseguramiento<sup>3</sup>) del usuario, disminución en contaminación visual (únicamente se observa el cerramiento y no los componentes internos de la subestación) y poco espacio requerido para su instalación.

Uno de los elementos esenciales que conforman dichas subestaciones de uso interior, son los denominados *transformadores de tipo seco*<sup>4</sup>, ya que se han impuesto en aplicaciones que no toleran ningún compromiso en materia de seguridad; se pueden instalar en edificios de oficinas de gran altura, edificios de apartamentos, edificios públicos, hospitales, metros, industrias ligeras y pesadas, minería, máquinas móviles y transportes.

Debido al actual panorama a nivel latinoamericano, en el que se encuentra el mercado de los transformadores y las principales tendencias en torno a él, fabricantes locales y representantes de marcas mundiales participaron en la convención desarrollada por la revista *Electro-industria*<sup>5</sup>, en la cual se dio a conocer la demanda a la que la industria eléctrica deberá responder. Según el Gerente General de Transformadores Tusan, Augusto Wiegand, apoyado en las cifras contables de su compañía<sup>6</sup>, en Chile se comercializan anualmente de 10.000 a 12.000 transformadores con su respectivo cerramiento. Jorge González, Gerente Comercial de Schaffner, afirma que las fábricas se encuentran trabajando al máximo debido al mayor requerimiento de potencia por parte de los mercados tradicionales, generando así tiempos de retraso en el diseño, fabricación y entrega del producto.

En países de América Latina y el Caribe, factores como el incremento de la demanda eléctrica (como se puede apreciar en la figura 2, según datos del Banco de

---

<sup>3</sup> Canon de aseguramiento: Tarifa monetaria impuesta o acordada con una entidad aseguradora, que representa el pago del servicio de aseguramiento de un bien mueble o inmueble.

<sup>4</sup> Transformador de tipo seco: Dispositivo que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. Se denomina "seco" ya que no requiere ningún tipo de refrigerante líquido como aceite u otros, sino que su temperatura es regulada por aire de forma natural o con ayuda de un ventilador.

<sup>5</sup> Revista *Electro-industria*. El mercado de los transformadores, Chile. Abril, 2012, vol. 1, p. 2.

<sup>6</sup> Grupo CGE, Memoria de empresas de servicios CGE/ Tusan, [citado el 10 julio de 2014], disponible en: <http://www.cge.cl/inversionistas/Memorias/Documents/tusan2011.pdf>

Desarrollo de América Latina) por sobre las cifras del crecimiento de la economía y escasez de fabricantes de los mismos, hacen que los proveedores de transformadores con su respectivo cerramiento mecánico sean lentos para dar cumplimiento a la demanda.

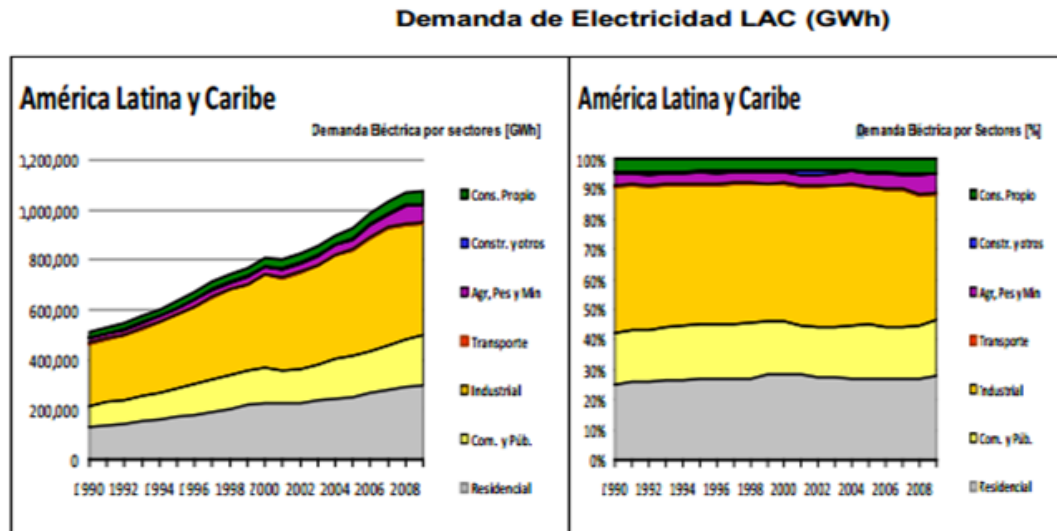


Figura 1.2. Demanda de electricidad Latinoamérica y el Caribe.<sup>7</sup>

En condiciones como éstas, el mercado local ha sido impactado de forma positiva, con el abastecimiento de transformadores con encerramientos a los sectores industriales (construcción, metalúrgica, producción, etc.), demostrado en el crecimiento del servicio de energía, como es el caso de Urutransfor empresa uruguaya que anualmente factura alrededor de US\$ 8 millones en ventas de transformadores<sup>8</sup>, gracias a sus contratos con países como Venezuela.

Por otro lado, y en términos de calidad, Camilo Herrera, Gerente General de Transformadores CH, señala que la oferta a nivel de fabricantes chilenos es muy similar:

Los componentes son prácticamente los mismos y el diseño y la tecnología están basados en normas específicas como la ANSI<sup>9</sup>, tanto que la mayoría de los transformadores fabricados bajo estos criterios pueden tener una vida útil de 30 a 40 años sin inconvenientes. Algunos representantes aportan con tecnología extranjera, pero como la

<sup>7</sup>Corporación Andina de Fomento, Energía: Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe. Fundación Bariloche (Argentina) – IEE-Universidad de San Pablo (Brasil) 2013. Documento de trabajo, p. 159 disponible en:

[http://www.caf.com/\\_custom/static/agenda\\_energia/assets/caf\\_agenda\\_energiat3\\_oferta.pdf](http://www.caf.com/_custom/static/agenda_energia/assets/caf_agenda_energiat3_oferta.pdf)

<sup>8</sup>EL OBSERVADOR, 27, marzo, 2014, economía/empresa-exportaciones, p 2.

<sup>9</sup> ANSI: *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares)

globalización de las comunicaciones es tan grande, sabemos cómo debe ser un equipo, de acuerdo a los requerimientos de cada mercado<sup>10</sup>.

A nivel local, la demanda de transformadores ha aumentado debido al crecimiento de obras civiles tanto en construcción como en remodelación de hospitales, centros comerciales, aeropuertos, hoteles, supermercados, entre otros; y se requiere que la solicitud hecha por parte de los usuarios sea respondida en un tiempo muy corto, es decir, la fabricación debe ser rápida (dependiendo del requerimiento, entre 4 y 15 días hábiles) donde no se generen retrasos, cumpliendo con los tiempos establecidos.

La empresa GIM Ingeniería Eléctrica Ltda., es una empresa dedicada a la fabricación de gabinetes, tableros y celdas eléctricas, en ella se presentan varios inconvenientes durante el proceso de desarrollo de encerramientos metálicos para transformadores de tipo seco, debido a la falta de organización, experiencia y a la falta de herramientas que agilicen los distintos procedimientos por los que una solicitud de un cliente tiene que pasar. Lo anterior fue observado gracias al análisis hecho luego de ver los resultados presentados por encuestas realizadas a clientes y proveedores, donde se evidenciaron inconvenientes que, al hacerles seguimiento dentro de la empresa, revelaron deficiencias para un trabajo eficiente a la hora de diseño, fabricación y comercialización de los equipos para subestaciones.<sup>11</sup>

Las fallas anteriormente mencionadas, repercuten en pérdidas para la compañía debido a los sobrecostos en el desarrollo del encerramiento metálico producto de posibles errores de diseño en donde no se cumple con la norma Codensa (errores en la fase de diseño: oscilan entre \$80.000 y \$150.000 por celda, representados en gasto de material e insumos de fabricación por ejecución basada en planos incorrectos. Lo cual puede llegar a representar hasta el 1,5% del costo final de venta de una celda.)<sup>12</sup>, además de esto, el tiempo de más invertido en la solución de estos inconvenientes (0,5 a 2 horas de reproceso por error, en proyectos estimados para desarrollarse entre 3 y 8 horas)<sup>13</sup> tienen como consecuencia el incumplimiento de las pólizas de entrega establecidas con los compradores, dando para la compañía multas y pérdida de confianza de los clientes (En promedio, en un mes se reciben dos (2) inconformidades, donde el 80% de los casos se da por estimación inadecuada del precio de preventa, el costo final del producto y el incumplimiento de fechas pactadas de entrega)<sup>14</sup>. Es por tanto que el siguiente proyecto pretende solucionar la pregunta ¿Cómo agilizar los tiempos de cotización e ingeniería para el diseño de encerramientos para transformadores tipo seco, de una manera rápida, efectiva y organizada?, para dar solución a esta pregunta se plantea la creación de una aplicación que agilice la generación de la cotización y que también reduzca el

---

<sup>10</sup>Revista Electro-industria. Op. Cit. p.2

<sup>11</sup>Encuesta hecha en línea. Bogotá 2014, habilitada en:

[https://docs.google.com/forms/d/1jElvXVnEnpXb7ex9Ua\\_-9Z9wd5en2LbC0xK54DBz1z0/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1jElvXVnEnpXb7ex9Ua_-9Z9wd5en2LbC0xK54DBz1z0/viewform)

<sup>12</sup> Departamento de Calidad, datos promedio últimos seis meses año 2014. GIM Ingeniería Eléctrica Ltda.

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Ibid.

tiempo de diseño del cerramiento (pasar de un promedio de 6 horas<sup>15</sup> por proyecto, a un estimado de 3 horas), cumpliendo con los requisitos de la norma Codensa, lo que evitaría: retrasos durante el desarrollo del producto e inconformidades por parte de los clientes.

## 1.1. ESTADO DEL ARTE

Para desarrollar el proyecto, que pretende llegar a una solución al problema planteado anteriormente, es indispensable conocer qué ideas se han dado previamente para corregir problemáticas de características similares a las identificadas en el diseño y fabricación de gabinetes o cerramientos para transformadores eléctricos de tipo seco, ya que, con dicha información es posible determinar hasta qué punto han avanzado las tecnologías (en cuanto a software de diseño y dibujo, software de automatización de procesos de fabricación, modelado computacional, entre otros temas que serán mencionados y explicados más adelante) y, así, contextualizar y enfocar el camino a seguir para la ejecución del proyecto a realizar.

La búsqueda de esta información se realizó en fuentes de tipo académico (tesis, informes de investigación parciales o finales, proyectos de grado, catálogos o manuales técnicos, fichas técnicas y patentes), ya que estos documentos son elaborados por personas pertenecientes a distintos grupos de investigación no sólo de instituciones educativas sino, también, de compañías tecnológicas. Se estableció un periodo de búsqueda a partir del año 2008, con el objetivo de dar un enfoque más cercano al actual, de tal manera que la información obtenida de cada una de las fuentes fuese la más pertinente con respecto al problema expuesto en esta ocasión.

Se realizaron consultas en distintas bases de datos de acceso abierto a tesis y artículos de texto completo como *Dialnet*<sup>16</sup>, *Cybertesis*<sup>17</sup> y *Diva*<sup>18</sup>, las cuales dieron un gran aporte de documentos elaborados por grupos de investigación de diferentes universidades. Del mismo modo se consultaron otros portales (*Redalyc*<sup>19</sup> y e-

---

<sup>15</sup>Resultados encuesta virtual, habilitada en :

[https://docs.google.com/forms/d/1jElvXVnEnpXb7ex9Ua\\_9Z9wd5en2LbC0xK54DBz1z0/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1jElvXVnEnpXb7ex9Ua_9Z9wd5en2LbC0xK54DBz1z0/viewform)

<sup>16</sup> “Dialnet es uno de los mayores portales bibliográficos de acceso libre y gratuito, cuyo principal cometido es dar mayor visibilidad a la literatura científica hispana en Internet, recopilando y facilitando el acceso a contenidos científicos, principalmente a través de alertas documentales. Además cuenta con una base de datos exhaustiva, interdisciplinar y actualizada, que permite el depósito de contenidos a texto completo.” Fundación Dialnet: <http://www.fundaciondialnet.es/dialnet/descripcion/>

<sup>17</sup> Cybertesis: Repositorio institucional de tesis digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/>

<sup>18</sup>“Portal Diva es una herramienta de descubrimiento y un repositorio institucional de publicaciones de investigación y tesis de estudiantes escritos en 34 universidades e institutos de educación superior. (Estocolmo, Södertörn, Umeå, Uppsala y Orebro)” Archivo electrónico de tesis doctorales (DIVA):

<http://www.diva-portal.org/smash/search.jsf?rvm=2>

<sup>19</sup> “Red de revistas científicas de América latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de información científica” Redalyc: <http://www.redalyc.org/home.oa>

*revistas*<sup>20</sup>), fuentes de información de acceso abierto de revistas científicas en Latinoamérica, el Caribe, España y Portugal, con el objetivo de complementar las ideas obtenidas de las tesis anteriormente estudiadas.

Entre las tesis encontradas se destaca la presentada en el año 2008, en la Universidad de Huelva (España), por el Ingeniero Mecánico Juan Carlos Fortes Garrido, quien la elaboró con el objetivo de optar al grado de doctor, esta consistía en el “Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de seis elementos”<sup>21</sup>, para lograrlo se estableció una metodología en la que se definieron conceptos que ayudarían a una mejor comprensión del escrito, entre ellos; por ejemplo, que un sistema multicuerpo es un modelo mecánico de un conjunto de cuerpos, también denominados elementos o eslabones, que pueden a su vez ser rígidos o flexibles, interconectados de tal modo que existe movimiento relativo entre ellos, es un término muy general ya que engloba una gran cantidad de sistemas, entre los que pueden citarse los mecanismos, las máquinas, los vehículos de todo tipo y los robots.

En la tesis, el autor se enfoca en el análisis dinámico de Sistemas Multicuerpo, de los mecanismos generales, ya que este es un campo que ha despertado gran interés en la comunidad científica debido a la complejidad del problema y a la enorme cantidad de aplicaciones de desarrollo tecnológico que poseen los problemas de transmisión de fuerza y energía, diseño de mecanismos, máquinas y motores.

Sin embargo, se trata de una disciplina en un estado incipiente, con multitud de metodologías desarrolladas para aplicaciones particulares pero con una carencia importante de métodos generales aptos para cualquier formulación del problema. Esta herramienta permite predecir el comportamiento cinemático y dinámico del sistema en las fases más tempranas del diseño. Es, también, una herramienta útil para estudiar la influencia de los distintos parámetros del diseño en el comportamiento del sistema.

Las técnicas de Dinámica de Sistemas Multicuerpo (DSM) permiten la simulación de cualquier sistema o subsistema mecánico, y con ello su análisis, diseño y mejora. Resulta claro, por tanto, el interés industrial, económico y científico de la DSM y prueba de ello es el gran número de Universidades e Instituciones Científicas que investigan directamente en DSM o bien utilizan las técnicas que provee dicha teoría en sus investigaciones. La DSM es una herramienta de utilidad en numerosas disciplinas, ya que encuentra una de sus aplicaciones más clásicas en la Teoría de Máquinas y Mecanismos, convirtiéndose en una herramienta idónea para el análisis y diseño de éstos. También es aplicada en la Robótica, ya que desde una perspectiva mecanicista, puede considerarse una de las disciplinas que forman parte de la Teoría

---

<sup>20</sup>“La Plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Españolas y Latinoamericanas e-Revistas es un proyecto impulsado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el fin de contribuir a la difusión y visibilidad de las revistas científicas publicadas en América Latina, Caribe, España y Portugal.” e-Revistas: <http://www.evistas.csic.es/quees.php>

<sup>21</sup> FORTES, Juan. Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de seis elementos. En Dialnet [en línea] (2008) <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18395> [Citado en 10 de julio de 2014]

de Máquinas. La Teoría de Control, en el contexto de las máquinas, encuentra como compañera ideal la DSM ayudándole a sintetizar los modelos del sistema o subsistemas mecánicos, los denominados sistemas de Realidad Virtual se sirven de la DSM para poder interactuar con los elementos del mundo virtual de forma realista.

El trabajo realizado por Fortes Garrido propone alcance de objetivos como: recopilación de los trabajos que tratan de la creación de modelados computacionales (diseño mecánico de piezas asistido por computadora) para su resolución, creación e implementación del código (programación de software) necesario para diseñar la interfaz (medio de comunicación entre un usuario y un software) que determine el momento de entrada y las fuerzas de reacción en las juntas, mediante un análisis dinámico del mecanismo, luego desarrollar un modelado computacional cómodo y amigable para la resolución de los problemas dinámicos de Sistemas Multicuerpo de seis elementos.

La incorporación de este método permite controlar simultáneamente los parámetros de posición, cinemáticos y dinámicos del sistema desde las fases más tempranas del diseño, permitiendo mejorar considerablemente el control sobre el comportamiento del sistema y reducir sensiblemente el tiempo de diseño, del mismo modo disponer de un software que facilite, a los diseñadores y estudiantes de teoría de mecanismos, máquinas y elementos de máquinas, el estudio, análisis, comprensión y diseño de los mismos, con unos conocimientos básicos de mecanismos.

La metodología propuesta por Fortes Garrido, fue, en resumen, primero: realizar recopilaciones bibliográficas de trabajos publicados referentes al estudio de Sistemas Multicuerpo, en concreto aquellas que tratan sobre el análisis dinámico mediante métodos computacionales; segundo: analizar las distintas formulaciones sobre análisis dinámico y delimitación del problema; tercero: efectuar el estudio con el análisis de los métodos; y, por último: generar la formulación del algoritmo matemático para luego implementarlo en aplicaciones como análisis de la estructura interna y comprobación experimental.

Al cumplir la metodología, el autor (Fortes Garrido) obtuvo un simulador de mecanismos que permite predecir el comportamiento cinemático y dinámico de una gran variedad de Sistemas Multicuerpo en todas las etapas del proceso de diseño, desde la etapa de concepto a la de prototipo. En cualquiera de esas etapas, esos tipos de análisis son una herramienta de gran valor, que proporcionan suficiente cantidad de datos para estudiar la influencia de diferentes parámetros de ahí la importancia de ese programa ya que tiene la posibilidad de ser adaptado de acuerdo a las necesidades debido a que el código fuente puede ser modificado y adaptado a otras plataformas y compiladores, ventaja que se tiene sobre los software comerciales (DADS™ Rev. 9.5.1, MATLAB, MATRIX, EASY, Adams-Bashforth-Moulton predictor-corrector, entre otros) que no pueden ser adaptados, además de su alto costo así como las características especiales en las que trabajan ya que requieren plataformas como Windows NT/2000.

Con los aspectos mencionados anteriormente de la tesis “Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de

seis elementos”, se concluye finalmente que, como lo afirma Fortes: la simulación de sistemas mecánicos tiene una aplicación directa para muchas industrias: automotora, aeroespacial, naval, robótica, biomecánica, ferroviaria, máquinas-herramienta, maquinaria pesada, animación, deportiva, militar, etc.; y también que el conocimiento más riguroso de las características cinemático-dinámicas de los Sistemas Multicuerpo, conduce a proyectos más fiables y capaces de mejores prestaciones, una vez que reduce los márgenes de incertidumbre no previsible de su comportamiento en servicio.<sup>22</sup> Estas afirmaciones, y el proceso que realizó el autor para llegar a ellas, sirven como base teórica para alcanzar uno de los objetivos para elaborar una aplicación de software que automatice la gestión de planos de fabricación de encerramientos para transformadores tipo seco, ya que marca una metodología *guía*, que se puede adaptar a los requerimientos del nuevo proyecto y permite generar una idea previa de cómo abordar el eje temático del desarrollo de una aplicación de software para el diseño mecánico con generación de planos técnicos para cerramiento de transformadores tipo seco.

Otra de las tesis encontradas corresponde a la elaborada por un estudiante de la facultad de ingeniería de la Universidad del Valle (Cali - Colombia) en el año 2009<sup>23</sup>, la cual consistía en el desarrollo de un software que facilitara y agilizará la elaboración de planos para la posterior construcción de turbinas Pelton<sup>24</sup> para microcentrales (máximo 200kW), todo esto debido a demoras y errores en cálculo por parte de las personas encargadas de este tipo de proyectos; la idea era crear una herramienta computacional que aumente el rendimiento en la generación de los planos correspondientes a cada componente de la turbina por medio de programas de diseño asistido por computador (CAD).

Para el desarrollo adecuado de ese proyecto se tuvieron en cuenta las variables físicas correspondientes a las turbinas Pelton, como lo es en este caso la altura neta [m] y caudal [m<sup>3</sup>/s], ya que estos son requisitos iniciales en el cálculo de cada componente, después de realizado el análisis correspondiente se procedió a la respectiva parametrización en el diseño de los componentes, lo cual reduce los pasos necesarios para la creación de planos de fabricación (no es necesario calcular dimensiones, dibujar líneas, cotas, ubicar vistas ni modificar dibujos, sino que se ingresan datos numéricos a la aplicación y ésta realiza las actividades necesarias que antes ejecutaba el usuario de forma *manual*).

Otro problema, muy similar a los presentados anteriormente y que, gracias a la solución empleada, fue objeto de estudio como otro aporte importante al proyecto

---

<sup>22</sup> HAULIN, E.N., Lakis, A.A., Vinet, R., Optimal synthesis of a planar four-link mechanism used in a hand prosthesis, Mechanism and Machine Theory, Vol. 36, n.º 11, p. 1203- 1214, 2001. Citado por FORTES, Juan. Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de seis elementos, p.204

<sup>23</sup> LIZCANO, Diego. Desarrollo de un software para el diseño y elaboración de planos para construcción de turbinas Pelton para microcentrales (máximo 200kW). Santiago de Cali, 2009. Universidad del Valle, Facultad de ingeniería. Disponible en: [http://eime.univalle.edu.co/tesis/2009/Software\\_turbinas\\_Pelton.pdf](http://eime.univalle.edu.co/tesis/2009/Software_turbinas_Pelton.pdf)

<sup>24</sup> Turbina Pelton: Turbomáquina motora, de flujo radial, admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas. Tomado de:



que pretende desarrollar una aplicación de software para el diseño mecánico con generación de planos técnicos para cerramiento de transformadores tipo seco; el problema encontrado se situaba en el transporte continuo de materiales al granel, a cortas distancias dentro de instalaciones industriales, ya que es usado para comunicar una línea de producción en la que se lleva de un proceso a otro el material; Para lo cual una de las soluciones que se estableció fue en el año 2010<sup>25</sup>, en donde se colocó como objetivo proporcionar al ingeniero mecánico una herramienta confiable de diseño de transportadores de Tornillo Sinfín, considerando todos los aspectos técnicos involucrados en el movimiento de cualquier clase de material granular.

Esa herramienta es un software interactivo desarrollado en Visual Basic para el diseño y selección de los diferentes componentes de un transportador Sinfín, En ella se reúnen todos los conocimientos que han sido publicados por las casas constructoras de estos equipos, cuya experiencia invaluable y desarrollo de nuevas tecnologías han permitido mejorar su rendimiento, de tal manera que estos queden encapsulados en una especie de programa Máster de diseño de transportadores de Tornillo Sinfín.

En la interfaz generada se definen los parámetros iniciales tales como: tipo de material a transportar, capacidad que se requiere transportar, distancia a transportar, paso del sinfín, acciones adicionales del transportador, temperatura del material y tiempo de operación una vez ingresados todos estos datos, el programa realiza los cálculos necesarios y emite como resultado toda la información competente al diseño en cuestión, tales como dimensiones, figuras, tablas y planos de las diferentes partes constitutivas del equipo para que el ingeniero pueda planear la construcción e instalación del transportador diseñado.

Otros documentos de grado y artículos científicos fueron consultados con el fin de complementar la información obtenida de la anterior tesis indagada, entre los cuales se encuentra el desarrollo de una interfaz<sup>26</sup> diseñado por un grupo conformado por estudiantes en la Universidad Técnica de Manabí (UTM) ubicada en Portoviejo – Ecuador, ellos deciden actuar a raíz de las consecuencias provocadas por las limitaciones económicas presentadas en la facultad de ciencias matemáticas, físicas y químicas; ya que son muy evidentes entre ellas se encuentran la falta de esquemas y apoyo didáctico para los docentes y la escasez de equipos con tecnologías de punta que permitan la transmisión del conocimiento con calidad y agilidad.

---

<sup>25</sup>PINO, Eduardo. Software para Diseño de Transportadores de Tornillo Sinfín. En Universia. (2011). [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/software-dise%C3%B1o-transportadores-tornillo-sinfin/id/52643613.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/software-dise%C3%B1o-transportadores-tornillo-sinfin/id/52643613.html) [Citado en 10 de julio de 2014]

<sup>26</sup> MEJÍA, Camilo. MENDIETA, Jairo. Implementación de un software para el diseño de ruedas dentadas para el laboratorio de computación de la carrera de ingeniería mecánica de la UTM. En Repositorio Digital. Universidad Técnica de Manabí (Ecuador) [en línea] (2013). <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/5178> [Citado en 10 de julio de 2014]

El completo desarrollo de ese proyecto permitió incorporar nuevas tecnologías en el ambiente académico de esa universidad especialmente en la carrera de ingeniería mecánica y en aquellas que hacen uso de las herramientas informáticas, todo gracias al poner en práctica varios de los conocimientos teóricos adquiridos durante toda la carrera. En este caso la solución a esa problemática fue la creación e implementación de un software para el diseño de ruedas dentadas para los laboratorios computacionales de ingeniería mecánica de la UTM, para esto se desarrollaron una serie de objetivos los cuales dan un orden jerárquico a las actividades que se deben cumplir, entre ellas se encuentra en primer lugar la implementación del laboratorio de computo, en donde se establecieron los respectivos espacios académicos para el posterior estudio del software diseñado para el cálculo de juegos de engranes, a partir de esto se describió el modelo matemático del cual se basa la aplicación y que garantiza una mejor percepción del funcionamiento y mantenimiento del software.

Durante el diseño de dicha herramienta informática, fue necesario tener en cuenta distintas variables como la facilidad de entendimiento por parte de los usuarios y que se genere la completa interacción entre los dos, también se tuvo en cuenta que el tiempo de procesamiento del diseño de engranajes rectos sea mínimo, de tal manera que se den resultados rápidos y confiables.

Otro documento de grado consultado fue desarrollado en la Universidad Autónoma de Nuevo León (Monterrey - México), en la facultad de ingeniería eléctrica y mecánica, allí se llevó a cabo el proyecto "Desarrollo e Implementación de un Programa de Diseño Mecánico para Transformadores de Potencia"<sup>27</sup>, debido a que la demanda de calidad, precisión y rapidez en la estimación de planos de dimensiones generales de transformadores de potencia, así como los valores de pesos de sus principales componentes y accesorios, para establecer los costos de cotización, obligaron a los departamentos de Diseño Mecánico de distintas compañías a mantener un alto nivel de competitividad, optimizando espacios y mejorando la distribución de elementos estructurales, sin olvidar en ningún momento la estética del conjunto, es por ello que se decidió contar con la integración de programas de cálculo con bases sólidas para garantizar el que una vez colocado el pedido, se cuente con un avance confiable como punto de partida sólido para la generación de planos de construcción y requerimientos de materiales.

La metodología que se estableció para el desarrollo del programa se estableció con el fin de que pueda ser ejecutada de una manera organizada. En primera instancia se estableció una hoja de alimentación de datos generales para que durante el diseño mecánico se lleven a cabo los programas particulares de cada uno de los componentes del transformador de potencia como, por ejemplo, de las dimensiones interiores del tanque, largo, ancho, altura, la presión interna de diseño para la operación, la cantidad y dimensiones de transformadores de corriente (TC's), etc., de

---

<sup>27</sup> NIETO, Guillermo. Desarrollo e implementación de un programa de diseño mecánico para transformadores de potencia. Nuevo León (México), 2001. Tesis en opción de grado (Maestro en ciencias de la ingeniería mecánica con especialidad en diseño). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica. División de estudios de posgrado.

forma que estos sirvan como la base de datos de origen de los cálculos, una vez ordenados todos los elementos, el autor de “Desarrollo e Implementación de un Programa de Diseño Mecánico para Transformadores de Potencia”, procedió a elaborar los formularios de las hojas de cálculo, en donde crearon una nomenclatura de colores para los espacios en los que el diseñador ingrese los datos obtenidos previamente de algún boceto eléctrico o algún otro dibujo a escala, y además señales de alarma cuando no se cumple un predeterminado factor de seguridad o alguna condición de diseño, resultando muy conveniente para dar confianza a los resultados del programa antes de su fabricación en la línea de producción.

La metodología presentada anteriormente que comprende incluir criterios de diseño dentro de las formulas, junto con la de generar alarmas de diseño (identificar por medio de colores, incoherencias o defectos físicos como interferencias o geometrías mal definidas, en los modelos diseñados), representa un aporte para la aplicación que se desarrollará para el diseño de cerramientos, ya que se reduce carga de trabajo al diseñador, con la disminución en la cantidad de procesos de cálculos repetitivos, otorgándole una mayor libertad para el desarrollo y brindando así una posible búsqueda de mejoras continuas en el diseño.

Por otro lado, se debe tener en cuenta, que la representación de la sección geométrica de los diferentes accesorios empleados en la construcción del transformador, con sus correspondientes dimensiones, es muy práctica para la visualización de las proporciones y el cálculo de las propiedades geométricas, ya que no reviste complejidad en cuanto a los dibujos o esquemas presentados, puesto que se hacen de fácil entendimiento para el diseñador y se muestran de una forma simplificada (esquemas generales, dejando información detallada a cargo del software utilizado) y con ello los cálculos de resistencia de materiales en cuanto a refuerzos mecánicos también quedan asimilados por la aplicación de software. De esta manera es como la interacción del diseñador, buscando diseños más óptimos (mejor utilización de espacio, reducción de costos de fabricación, reducción de peso, etc.) se vuelve más eficiente y cómoda para el usuario.

Como resultados en esa tesis, después de haber desarrollado y de implementado el programa integral de diseño mecánico para transformadores de potencia y de efectuar varios diseños, concluyeron que el programa es amigable y que si se cuenta con el apoyo de memorias que queden fundamentadas dentro de los formularios, el futuro ajuste por mejoras implementadas o cambios en los criterios de diseño, son prácticamente muy fáciles de efectuar, además permitiendo así actualizaciones periódicas del programa y mejorando la velocidad de respuesta de los diseños definitivos.

Por último, en la Universidad del Valle en el año 2012 en la facultad de ingeniería estudiantes presentaron soluciones a problemas en áreas de diseño debido a la constante demora en la generación de planos de construcción, una de estas, fue efectuar el diseño de los elementos esenciales que componen una bomba centrífuga radial del tipo voluta lisa (rodete, voluta y eje), de tal manera que se agilice este proceso por parte de los diseñadores quienes son las personas encargadas de los

cálculos y planos, y para ello se tomaron como datos iniciales el caudal, la altura deseada y la velocidad de rotación a la que trabajará la bomba, es así como se obtuvo un programa, confeccionado en Visual Basic Application, ejecutable sólo en la plataforma de diseño de Solid Works, el cual permitió agilizar la etapa de diseño y además se utilizó con fines académicos en laboratorios de mecánica de fluidos y máquinas.

Para el total desarrollo de la herramienta fue necesario un estudio detallado del lenguaje de programación y teoría del cálculo de bombas centrífugas de tipo radial, permitiendo aprender a dimensionar las partes principales de la bomba, esto con el fin de generar versatilidad de la interfaz gráfica en el desarrollo del cálculo de cada uno de los ítems que abarca la bomba centrífuga para cargas entre 10 a 50 cm y flujos de 3 a 30l/s.

La otra solución encontrada fue la de proporcionar otra herramienta computacional para las personas interesadas en el diseño de turbinas MichellBanki para micro centrales, es decir, para una potencia máxima de 200kW, en la realización de ese proyecto fue necesario diseñar de una manera paramétrica cada uno de los componentes y articularlo a un programa de diseño asistido por computador (CAD), sin olvidar las variables físicas como la altura neta [m] y caudal[m<sup>3</sup>/s] que se deben suministrar por del usuario, como requisitos iniciales para el cálculo del diseño final de la turbina, para que finalmente a partir de los planos y cálculos obtenidos por el software se proceda a la construcción física de la turbina.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En la industria metalmecánica y energética colombiana se ha presentado la necesidad de ser más competitivos, tanto a nivel local como nacional. Por lo anterior, las empresas buscan aumentar su impacto en el mercado, haciendo más eficientes y menos costosos todos sus procesos. De allí surge la estrategia de automatizar, progresivamente, las tareas específicas involucradas en la producción, es por todo esto que el desarrollo de éste proyecto tiene como principales beneficios y aportes los presentados a continuación y que encuentran clasificados así:

- **Tecnológicos:** El desarrollo de este proyecto tiene un aporte tecnológico debido a que se genera una aplicación que servirá para el diseño parametrizado y oferta de celdas metálicas para transformadores tipo seco cumpliendo con todos los requerimientos especificados en su totalidad en las normas CodensaCTS509, CTS502-4, CTS 518 Y CTS 518-2.

- **Académico:** Este proyecto brinda un aporte en este ámbito, debido a que se realiza por medio de un programa computacional, todo el diseño del cerramiento mecánico, de modo que todos los componentes estén parametrizados, obteniendo así el diseño

final para después incorporarlo en la interfaz de tal manera que se genere el compendio de planos y la oferta de una manera rápida y organizada.

- **Económico:** Para la empresa GIM Ltda. será el aporte económico producto de la realización de este proyecto, debido a que los cerramientos metálicos para transformadores tipo seco pertenecen a la gama de productos de media tensión ofrecidos por la compañía, de tal manera que se agilice notablemente la generación de la oferta para el cliente y el diseño mecánico por parte del departamento de ingeniería, ya que en éstas áreas se presentan un exceso de tiempo para el desarrollo del cerramiento que afecta notablemente el tiempo de fabricación ocasionando el incumplimiento de pólizas y generando pérdidas tanto económicamente como de los clientes de la compañía.
- **Ambientales:** Este proyecto tiene como principal aporte ambiental el ahorro del consumo energético en la ventilación de la celda, ya que en el diseño se desprejará la ventilación forzada es decir no se usarán ventiladores accionados eléctricamente si no que en vez de ello se hará natural utilizando perforaciones en las tapas y estructura garantizando que se cumpla con el grado de protección especificado en las normas NEMA-IP y con el área efectiva de ventilación solicitado como requerimiento en las normas Codensa.
- **Seguridad industrial:** El aporte a la seguridad industrial, se ve reflejado en este proyecto, debido a que se realiza siguiendo los parámetros establecidos bajo la norma CODENSA CTS-518 que especifica cómo deben instalarse dentro de las celdas los transformadores tipo seco de tal manera que cumpla con las normas NEMA-IP, en cuanto a la entrada de objetos extraños y protección contra la accesibilidad de personas no autorizadas y animales, además como medida de seguridad se evita la posibilidad de que puedan introducir objetos extraños como cables y varillas por los espacios de ventilación de la celda, que puedan entrar en contacto con las partes energizadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Desarrollar una aplicación de software que reduzca los tiempos de generación de planos mecánicos y oferta comercial, de cerramiento metálico para transformador tipo seco bajo las normas Codensa CTS 509, CTS 502-4, CTS 518 y CTS 518-2.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las mejores opciones en cuanto software de diseño y programación, basados en las características físicas de un cerramiento para transformador tipo seco, para llevar a cabo las tareas de desarrollo de la aplicación.

- Diseñar un cerramiento para transformador tipo seco que cumpla con los requerimientos de la norma Codensa CTS 509, CTS 502-4, CTS 518 y CTS 518-2.
- Desarrollar los formatos técnicos para la documentación respectiva del diseño y oferta final.
- Generar la interfaz de interacción del usuario con la aplicación para la generación automática del diseño y oferta del cerramiento metálico.
- Programar, parametrizar y migrar los resultados obtenidos en el diseño a la interfaz generada.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente) y de permitir el suministro de la misma al sistema y líneas de transmisión existentes (ver tabla 1).

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN</b>	
<b>Extra Alta Tensión (EAT)</b>	Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
<b>Alta tensión (AT)</b>	Tensiones mayores o iguales a 57.5 kV y menores o iguales a 230 kV.
<b>Media tensión (MT)</b>	Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57.5 kV.
<b>Baja tensión (BT)</b>	Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
<b>Muy baja tensión (MBT)</b>	Tensiones menores de 25 V.

*Tabla 3.1. Clasificación de los niveles de tensión*

### 3.2. TIPOS DE SUBESTACIONES

Las subestaciones se clasifican de la siguiente manera (ver figura 1):

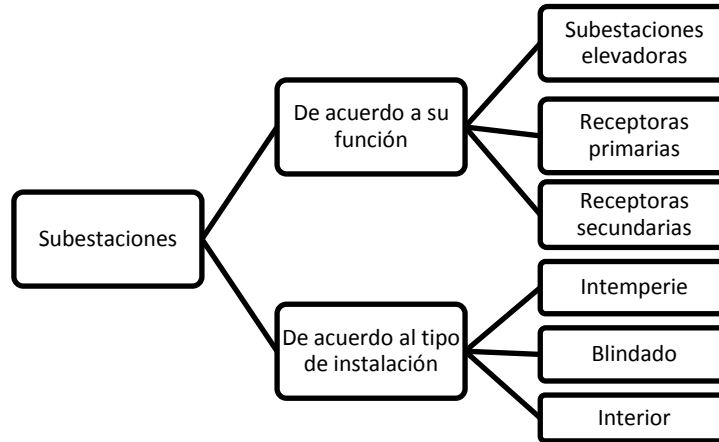


Figura 3.1 Tipos de subestaciones

- **Subestaciones elevadoras**

Estas subestaciones se encuentran adyacentes a las centrales generadoras y permiten modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, para permitir la transmisión de la energía eléctrica a través de las líneas a tensiones más elevadas que la generación.

- **Subestaciones receptoras primarias**

Estas subestaciones se alimentan directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores según sea el nivel de la transmisión ya sea para ser usadas en subtransmisión o en distribución según sea el caso.

- **Subestaciones receptoras secundarias**

Estas subestaciones se encuentran alimentadas normalmente por los niveles de tensión intermedios con el fin de alimentar las llamadas redes de distribución.

- **Subestaciones de tipo intemperie**

Son aquellas que están construidas para operar a la intemperie y que requieren del uso de máquinas y aparatos adaptados para el funcionamiento en condiciones atmosféricas adversas (lluvia, nieve, viento y contaminación ambiental) generalmente





- **Celda de entrada de línea**

Son celdas que reciben las líneas desde el exterior del centro. Están equipadas con un interruptor o un interruptor-seccionador. A pesar de su nombre, pueden realizar la función de entrada o salida de línea.

- **Celda de medida**

Estas celdas alojan en su interior los transformadores de medida (ver imagen), de tensión e intensidad. Estos transformadores convierten los valores de las magnitudes eléctricas (tensión e intensidad) propias de la línea a valores manejables por los equipos de medida (100 V y 5 A).

- **Celda de protección de transformador**

Son celdas dotadas con interruptor-seccionador automático con fusibles. Protege al transformador mediante relés indirectos que actúan sobre la bobina de disparo del interruptor. La protección frente a cortocircuitos la realizan los fusibles.

- **Celda de transformador tipo seco**

Esta celda está dotada con un transformador tipo seco de uso general (ver imagen), estos son diseñados para colocarse cerca de los centros de carga para mejorar la regulación del voltaje en instalaciones industriales, comerciales y residenciales; y obtener los más altos niveles de eficiencia.

Los transformadores tipo seco simplifican las obras civiles, en vez de transformadores en líquidos aislantes y tornan la instalación eléctrica menos compleja por la ausencia de accesorios. La posibilidad de ubicación sin restricciones del transformador directamente del centro de las cargas permite optimizar las redes eléctricas, esto sin necesidad de tomar medidas de seguridad especiales, tales como los fosos de retención de aceites e instalación contra incendios.



Imagen 3.1. Transformador tipo seco.

El transformador seco ocupa aproximadamente un 20% menos del volumen de un transformador similar en aceite, con las consecuencias económicas en el costo de la obra civil. Los proyectos económicos exploran la colocación del transformador y cubículos en las partes o locales elevados, también los tableros junto a la carga liberando el uso del piso principal para fábricas, locales o parqueaderos. La constitución del transformador tipo seco en componentes individuales, agrega otro factor a la rentabilidad, así es posible montar las bobinas al transformador en el lugar de instalación, cuando el transporte o el manejo del equipo completo no es posible.

*Principalmente se utilizan en:*

- ❖ Sistemas de iluminación
- ❖ Aires acondicionados
- ❖ Ventilación/calefacción en plazas comerciales
- ❖ Hoteles
- ❖ Oficinas
- ❖ Desarrollos habitacionales
- ❖ Fábricas
- ❖ Minas
- ❖ Plantas petroquímicas
- ❖ Cementeras, entre otros

*Ventajas de los transformadores tipo seco:*

- ✓ Mantenimiento mínimo
- ✓ Libre de contaminantes
- ✓ Amigables con el ambiente ya que elimina el uso de aceite mineral
- ✓ Sin riesgo de incendio. Libre de fugas de aceite
- ✓ Seguridad para el instalador y el usuario
- ✓ Alta resistencia al los esfuerzos electromecánicos de corto circuito
- ✓ Excelente capacidad para soportar sobrecargas
- ✓ No genera emisiones de CO<sub>2</sub>
- ✓ Compacto: Misma capacidad, menor tamaño
- ✓ Facilidad para el instalador: Sin accesorios como boquillas, cambiador de derivaciones, indicador de nivel de aceite y válvulas de sobrepresión
- ✓ Permite una inspección visual interna a los componentes activos

### **3.4. NORMAS CODENSA**

Las normas para empleadas para el desarrollo de este proyecto son las siguientes: CTS-518, CTS-518-2, CTS-509 y CTS-502-4, las cuales se especifican a continuación:

- **CTS518 Instalación de transformador tipo seco en celda (Nivel 2)**

Los transformadores tipo seco deben instalarse dentro de celdas de tal forma que se impida la entrada de objetos extraños y deben ser protegidos mediante un cerramiento que no permita la accesibilidad de personas no autorizadas y animales.

Como medida de seguridad se debe evitar la posibilidad de que puedan introducir cables y varillas por los espacios de ventilación de la celda, que puedan entrar en contacto con las partes energizadas.

De acuerdo con las normas NEMA y ANSI no se permite el ingreso de varillas o cuerpos mayores de ½" de diámetro a través de las ventanas de ventilación, por lo que deben de tener grado de protección IP20.

La celda del transformador también debe evitar la entrada de pequeños animales y objetos extraños, cuando se instalen encima de cárcamos o cuando el paso de los cables se haga a través de las paredes de la celda. En las perforaciones para la entrada y la salida de los cables, se utilizarán medios adecuados o tapas removibles en baquelita de acuerdo con los diámetros de los conductores.

Se recomienda la entrada de los cables de M.T. en forma lateral y la salida de los cables de B.T. por la parte inferior. Para las distancias eléctricas mínimas de terminales y cables, se debe consultar el artículo 373-11 de la Norma NTC 2050.

No es conveniente instalar transformadores secos clase H en áreas con contaminantes tales como polvo, excesiva humedad y químicos, que se depositen sobre los aislamientos y que puedan ocasionar falla del transformador, en tales casos se debe utilizar transformadores con bobinas encapsuladas en resina clase F.

En la ventilación se debe prever el ingreso de aire limpio y seco, libres de vapor químico, polvos y humos, por lo que se debe considerar la utilización de filtros para casos de contaminación.

Las ventanas de ventilación dependen de la altura del cuarto y la capacidad del transformador determinándose de acuerdo con el artículo 450 - 45 (c) de la Norma NTC 2050.

Los transformadores secos se deben separar por lo menos 30 a 45 cm de las paredes u otros obstáculos para permitir la circulación de aire alrededor y a través del equipo.

Cuando los transformadores secos se instalan en pisos altos de edificios se debe tener en cuenta las condiciones para ingreso y retiro considerando el peso que soportan los ascensores o la instalación de anclajes para izar el equipo.

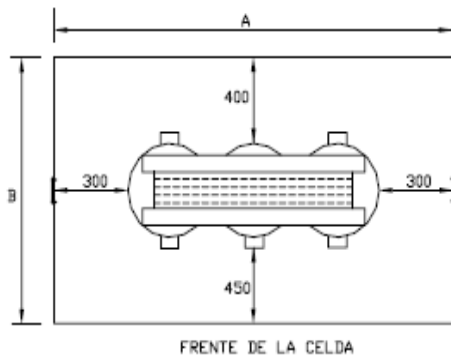
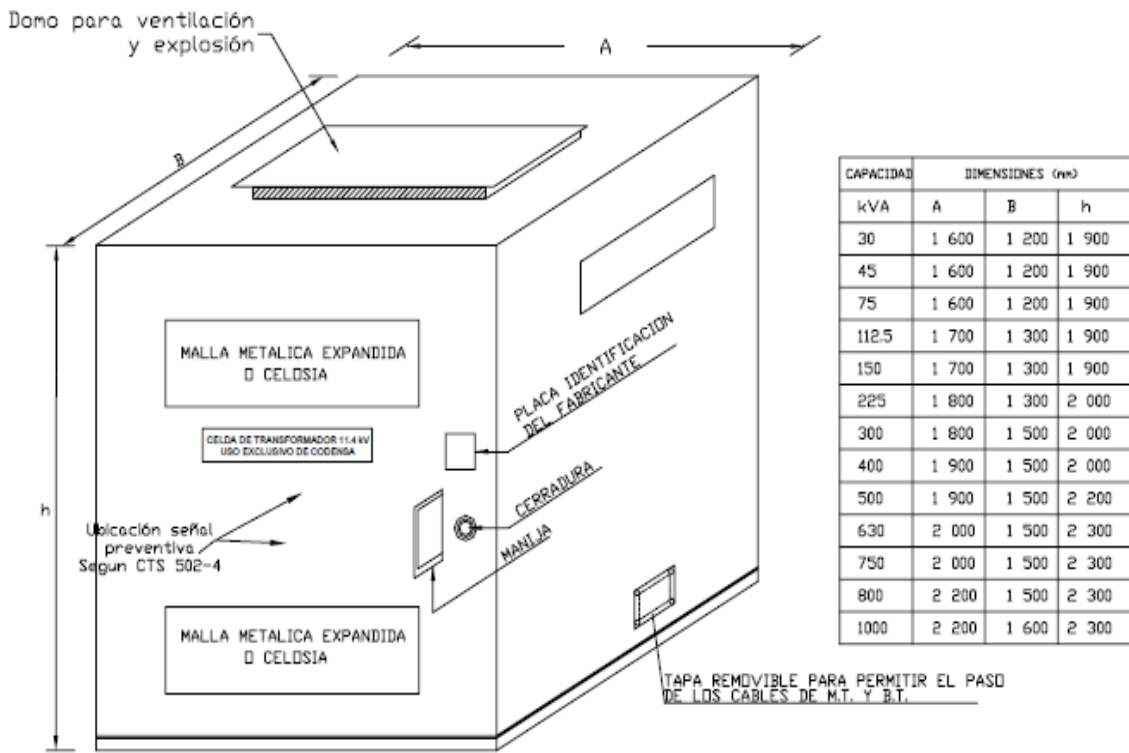
Antes de entrar en servicio o después de permanecer desenergizado durante algún tiempo, el transformador seco tipo abierto clase H, debe someterse a proceso de secado y limpieza por la acumulación de humedad y polvo en las bobinas y aisladores.

### ***Características de la celda de transformador seco***

- La celda debe descansar sobre un soporte en ángulos que permita la entrada de ventilación por debajo, con celosía o malla, que dejen pasar el aire e impida la entrada de animales o cuerpos extraños y sólo con el espacio necesario para la entrada y salida de los conductores.
- Las cubiertas laterales, posterior y frontal tendrán las dimensiones necesarias en celosía o malla para la adecuada ventilación.
- En algunos casos podrán tener domos para la salida del aire caliente o podrá instalarse su propio sistema de ventilación forzada.
- La celda tendrá el espacio suficiente de tal forma que permita: alojar el transformador, una adecuada ventilación, distancias eléctricas a partes energizadas y radio de curvatura de conductores.
- Las celdas deben ser Pernadas al suelo y con medios para amortiguar las vibraciones y ruidos.

- ***CTS518-2 Celda para transformador tipo seco (Nivel 2)***

En esta norma se observa (ver figura 3) la ubicación del domo de ventilación, la malla expandida o celosía, la señal preventiva y la placa de identificación del fabricante, además se puede visualizar las distancias de seguridad mínimas que se deben mantener entre el transformador y el cerramiento. También se evidencian las dimensiones finales del gabinete y el área efectiva necesaria para la ventilación en relación a la capacidad del transformador dada en kVA.



VISTA DE PLANTA

NOTAS:

- 1-LAS DISTANCIAS ACOTADAS DENTRO DE LA CELDA SON LAS DISTANCIAS MINIMAS REQUERIDAS PARA VENTILACION Y RADIO DE CURVATURA DE LOS CONDUCTORES.
- 2-CUANDO EL ANCHO DE LA CELDA (A) SEA MAYOR DE 130 cm, LA PUERTA DEBE SER DE DOS HOJAS.
- 3-LA PUERTA DE LA CELDA DEBE TENER ABERTURAS DE VENTILACION DE TAL MANERA QUE EL AREA EFECTIVA DE VENTILACION (DESCONTANDO EL ESPACIO OCUPADO POR REJILLAS) NO SEA MENOR A LO INDICADO A CONTINUACION

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR	AREA EFECTIVA DE VENTILACION
HASTA 150 kVA	0.3 m <sup>2</sup>
DE 225 A 500 kVA	1.0 m <sup>2</sup>
DE 630 A 800 kVA	1.6 m <sup>2</sup>

- 4-LAS ALTURAS (h) DE LAS CELDAS SON UNA REFERENCIA DEPENDEN DE LA ALTURA DEL TRANSFORMADOR.
- 5-DIMENSIONES EN MILIMETROS

Figura 3.3. Norma Codensa CTS518-2 (Celda para transformador tipo seco (Nivel 2)).

▪ **CTS 509 Celda de transformador detalles de construcción (Nivel 2)**

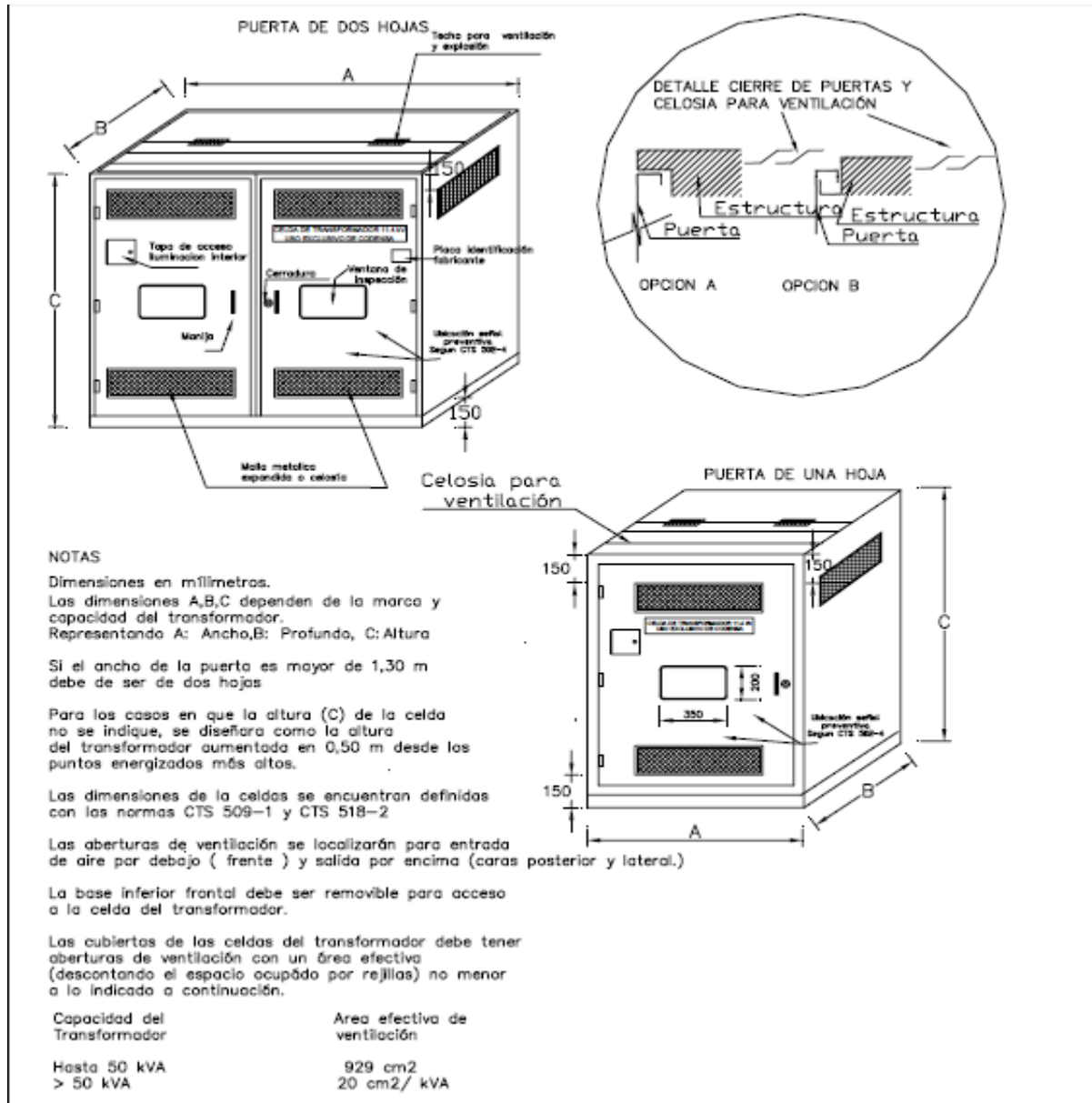


Figura 3.4. Norma Codensa CTS 509 (Celda de transformador detalles de construcción (Nivel 2)).

- **CTS 502-4** Señal preventiva a ubicar sobre puertas

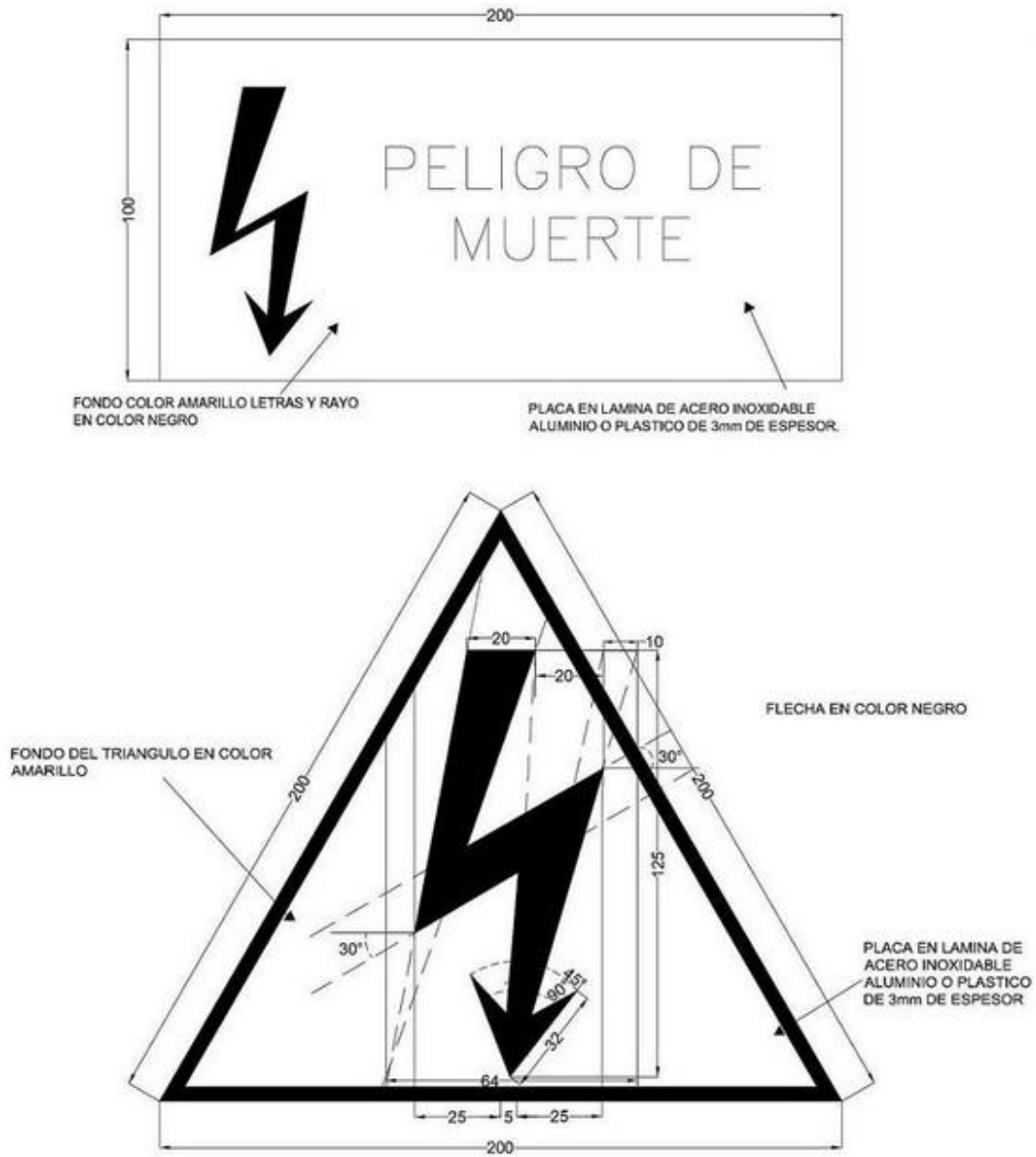


Figura 3.5. Norma CodensaCTS502-4 (Señal preventiva a ubicar sobre puertas)

## 4. METODOLOGÍA

Se pretende seguir las siguientes fases para el debido desarrollo del proyecto:

### 4.1. Fase de documentación:

- A) Realizar búsquedas en la red para encontrar documentación e información sobre transformadores tipo seco, normas Codensa CTS-509, CTS-502-4 y CTS 518, estrategias de diseño y aplicaciones de software para automatización.
- B) Realizar lecturas detalladas, clasificar y analizar dicha información obtenida en la red.
- C) Seleccionar información específica que sea necesaria para realizar las tareas de diseño y desarrollo de software posteriores.

### 4.2. Fase de diseño:

- A) Identificar las características técnicas específicas de un transformador tipo seco, el cual será utilizado como plantilla en un software de diseño.
- B) Determinar el software de diseño más apropiado para la generación de modelos paramétricos basados en el transformador tipo seco seleccionado.
- C) Determinar el software de migración de datos y desarrollo de aplicaciones más pertinente para ejecutar la transición del diseño paramétrico al aplicativo pensado para el usuario final
- D) Evaluar los requerimientos de diseño del transformador tipo seco.
- E) Identificar las características comerciales específicas del transformador tipo seco.
- F) Establecer las necesidades que deben satisfacerse para la entrega de formatos comerciales.

### 4.3. Fase de modelamiento y parametrización:

- A) Tomando como base un transformador tipo seco específico, realizar el modelamiento y diseño paramétrico del mismo en el software de diseño seleccionado.
- B) Establecer las variables de entrada que debe controlar el usuario final, para ajustar el modelo a dichas variables.
- C) Generar los formatos técnicos, como planos y gamas de fabricación que servirán como plantilla para la presentación de las características del transformador tipo seco.
- D) Generar los formatos comerciales, como “cotizaciones” y “propuestas de trabajo” plantilla para la presentación a clientes.



#### **4.4. Fase de migración de datos y empalme con software de desarrollo de aplicaciones:**

- A) Con el software de migración de datos seleccionado previamente, desarrollar la aplicación interactiva que utilizará el usuario final.
- B) Ejecutar la programación de comandos para hacer el empalme entre la aplicación y el software de diseño.
- C) Realizar la programación para entrega de formatos finales diligenciados, tanto técnicos como comerciales.

#### **4.5. Fase de pruebas y ajustes finales:**

- A) Ejecutar una primera prueba, utilizando las variables de entrada del transformador modelo, y verificar que los formatos técnicos, entregados por la aplicación, sean congruentes con el modelo utilizado como base para la parametrización.
- B) Comprobar, que los datos comerciales entregados por la aplicación correspondan a los deseados, teniendo en cuenta el transformador modelo y sus costos respectivos.
- C) Realizar pruebas, siguiendo los dos procedimientos anteriores, pero utilizando otras referencias de transformador tipo seco, conociendo previamente sus características y comparándolas con los resultados entregados por la aplicación de software.
- D) Ajustar la interfaz de la aplicación (estética y funcionalmente), para brindar comodidad al usuario.

#### **4.6. Fase de análisis financiero:**

- A) Realizar tablas de horas empleadas por persona relacionándolas con un índice de costos.
- B) Realizar tablas con los materiales insumos, programas y demás utilizados, relacionándolos con un índice de costos.
- C) Análisis de tablas, obtención de resultados y evaluación financiera para proponer el costo comercial de la aplicación en el mercado.

#### **4.7. Fase de documentación final:**

- A) Consignar en un documento todo el proceso realizado para la generación de la aplicación de software, detallando los pasos mencionados anteriormente.
- B) Generar un documento anexo (Manual de operación), enunciando y explicando brevemente las características y funciones de la aplicación desarrollada; haciendo énfasis en las ventajas que presenta y donde se muestre la forma de utilizar dicha aplicación de software, posibles errores de manipulación, preguntas frecuentes, entre otros.
- C) Elaboración de folleto comercial, presentado la aplicación de software y sus ventajas, con miras a un ofrecimiento en el mercado industrial.

## 5. CRONOGRAMA

El proyecto será desarrollado en una tiempo de diez y seis (16) semanas, equivalente a cuatro (4) meses, como se presenta a continuación:

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	DURACIÓN (SEMANAS)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<b>Fase de documentación</b>																
OBJETIVO ESPECÍFICO 1	1	Realizar búsquedas en la red para encontrar documentación e información sobre transformadores tipo seco, normas Codensa CTS-509, CTS-502-4 y CTS 518, estrategias de diseño y aplicaciones de software para automatización.															
	2	Realizar lecturas detalladas, clasificar y analizar dicha información obtenida en la red.															
	3	Seleccionar información específica que sea necesaria para realizar las tareas de diseño y desarrollo de software posteriores.															
		<b>Fase de diseño</b>															
	4	Identificar las características técnicas específicas de un transformador tipo seco, el cual será utilizado como plantilla en un software de diseño.															
	5	Determinar el software de diseño más apropiado para la generación de modelos paramétricos basados en el transformador tipo seco seleccionado.															
OBJETIVO ESPECÍFICO 2	6	Determinar el software de migración de datos y desarrollo de aplicaciones más pertinente para ejecutar la transición del diseño paramétrico al aplicativo pensado para el usuario final															
	7	Evaluar los requerimientos de diseño del transformador tipo seco.															
	8	Identificar las características comerciales específicas del transformador tipo seco.															
	9	Establecer las necesidades que deben satisfacerse para la entrega de formatos comerciales.															
	<b>Fase de modelamiento y parametrización</b>																





## 6. PRESUPUESTO

### 6.1. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

#### 6.1.1. Costo Estimado

##### Recursos humanos

- Tutor: Profesor de planta de la Universidad Distrital encargado de seguir el desarrollo del proyecto, realizar correcciones pertinentes y de guiar al ejecutor.
- Ejecutor: Encargado de desarrollar el proyecto, siguiendo las pautas del tutor.

Se estima un promedio de 15 horas por semana para el ejecutor y dos horas por semana para el tutor.

Recurso	Fuente de Financiación	Costo por hora	Horas Dedicadas	Costos
Tutor	Universidad Distrital F.J.C.	\$ 40.000	50	\$2'000.000
Ejecutor 1	Recursos Propios	\$ 20.000	100	\$2'000.000
Ejecutor 2	Recursos Propios	\$ 20.000	100	\$2'000.000
			Total Horas Dedicadas: 250	Total Costos: \$6'000.000

Tabla 6.1. Costo recursos humanos

### Recursos de hardware

Corresponde a los ordenadores y otros elementos físicos que se usarán durante el proyecto, se estima su costo según la duración estimada del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Tiempo de uso (meses)	Costos
Computador Portátil	Recursos Propios	4	\$ 250.000
Computador de Escritorio	Universidad Distrital F.J.C.	4	\$ 100.000
			Costos Totales: \$ 350.000

Tabla 6.2. Costo recursos de hardware

### Recursos de software

Corresponde a los programas que se utilizaran durante el desarrollo del proyecto, se estima su costo según la duración estimada del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Tiempo de uso (meses)	Costo Recurso	Costos Estimado de Uso
Windows 7	Recursos Propios	4	\$ 160.000	\$ 40.000
Microsoft Office Word	Recursos Propios	4	\$ 96.000	\$ 48.000
Software de diseño	Universidad Distrital F.J.C.	4	\$ 28.000.000	\$ 5'000.000
Software de programación	Universidad Distrital F.J.C.	4	\$15'000.000	\$ 2'500.000
			Costo Recursos: \$ 43'256.000	Costo Total de Uso: \$ 7'588.000

Tabla 6.3. Costo recursos de software

## Insumos, fungibles y gastos

Corresponden a los elementos requeridos para el uso y/o consumo para la ejecución del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Costo Recurso
Papelería	Recursos Propios	\$ 30.000
Impresiones	Recursos Propios	\$ 10.000
Fotocopias	Recursos Propios	\$ 10.000
Libros	Recursos Propios	\$ 60.000
Internet	Recursos Propios / Universidad Distrital F.J.C.	\$ 50.000
Servicios Públicos	Recursos Propios / Universidad Distrital F.J.C.	\$ 100.000
Planos	Recursos Propios	\$ 600.000
		Costo Total Recursos: \$ 860.000

Tabla 6.4. Costo insumos, fungibles y gastos

### 6.1.2. Resumen de costos

A continuación se relacionan los costos totales para la ejecución de este proyecto.

Recurso	Financiación Recursos Propios	Financiación Universidad Distrital F.J.C.	Costo Total Recurso
Humano	\$ 4'000.000	\$ 2'000.000	\$ 6'000.000
Hardware	\$ 250.000	\$ 100.000	\$ 350.000
Software	\$ 88.000	\$ 7'500.000	\$ 7'588.000
Insumos, fungibles y gastos	\$ 785.000	\$ 75.000	\$ 860.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5'123.000</b>	<b>\$9'675.000</b>	<b>\$ 14'798.000</b>

Tabla 6.5. Resumen del costo general del proyecto

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Grupo del Banco Mundial, Economías en desarrollo necesitan sólidos planes de acción para mantener el crecimiento, Enero 14 de 2014. Artículo en línea, disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/14/developing-economies-need-robust-blueprints-to-sustain-growth>
- [2] Revista Electro-industria. El mercado de los transformadores, Chile. Abril, 2012, vol. 1.
- [3] Grupo CGE, Memoria de empresas de servicios CGE/ Tusan, [citado el 10 julio de 2014], disponible en: <http://www.cge.cl/inversionistas/Memorias/Documents/tusan2011.pdf>
- [4] Corporación Andina de Fomento, Energía: Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe. Fundación Bariloche (Argentina) – IEE-Universidad de San Pablo (Brasil) 2013. Documento de trabajo. disponible en: [http://www.caf.com/\\_custom/static/agenda\\_energia/assets/caf\\_agenda\\_energiat3\\_oferta.pdf](http://www.caf.com/_custom/static/agenda_energia/assets/caf_agenda_energiat3_oferta.pdf)
- [5] FORTES, Juan. Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de seis elementos. En Dialnet [en línea] (2008) <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18395> [Citado en 10 de julio de 2014]
- [6] HAULIN, E.N., Lakis, A.A., Vinet, R., Optimal synthesis of a planar four-link mechanism used in a hand prosthesis, Mechanism and Machine Theory, Vol. 36, n.º 11, p. 1203- 1214, 2001. Citado por FORTES, Juan. Modelado computacional para el análisis dinámico, mediante método matricial, de sistemas multicuerpo de seis elementos.
- [7] LIZCANO, Diego. Desarrollo de un software para el diseño y elaboración de planos para construcción de turbinas Pelton para microcentrales (máximo 200kW). Santiago de Cali, 2009. Universidad del Valle, Facultad de ingeniería. Disponible en: [http://eime.univalle.edu.co/tesis/2009/Software\\_turbinas\\_Pelton.pdf](http://eime.univalle.edu.co/tesis/2009/Software_turbinas_Pelton.pdf)
- [8] PINO, Eduardo. Software para Diseño de Transportadores de Tornillo Sinfin. En Universia. (2011). [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/software-dise%C3%B1o-transportadores-tornillo-sinfin/id/52643613.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/software-dise%C3%B1o-transportadores-tornillo-sinfin/id/52643613.html) [Citado en 10 de julio de 2014]
- [9] MEJÍA, Camilo. MENDIETA, Jairo. Implementación de un software para el diseño de ruedas dentadas para el laboratorio de computación de la carrera de ingeniería mecánica de la UTM. En Repositorio Digital. Universidad Técnica de Manabí (Ecuador) [en línea] (2013). <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/5178> [Citado en 10 de julio de 2014]
- [10] NIETO, Guillermo. Desarrollo e implementación de un programa de diseño mecánico para transformadores de potencia. Nuevo León (México), 2001. Tesis en opción de grado (Maestro en ciencias de la ingeniería mecánica con especialidad en diseño). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica.